

武陵山区莼菜减产原因调查和改进措施探讨

张霞¹, 刘志雄¹, 袁龙义¹, 邓楚洪², 谭文胜², 杨朝东¹

(1. 长江大学 园艺园林学院, 湖北 荆州 434025; 2. 利川市农业局, 湖北 利川 445400)

摘要:根据对武陵山区莼菜栽培的田间调查,结合已有文献,分析了莼菜减产主要原因。结果表明:莼菜减产原因是莼菜田周边生态环境恶化,物种组成简单,抗干扰能力差。莼菜遗传多样性低下,抵御病虫害风险能力弱;莼菜粘液毛外无角质层保护,其细胞膜易受水体中离子损伤解体;莼菜为小作物,尚未形成高产栽培模式。建议在今后莼菜生产中关注其田间周围的生态环境保护;建立全球莼菜种质资源圃和育苗繁殖基地,研究育苗复壮技术;保持莼菜田间合理群体数量,确立适当水肥管理措施;建立莼菜与旱作周期性轮作或者休耕制度;最终建立合理的莼菜栽培模式。

关键词:莼菜;减产;生态环境;遗传多样性;栽培模式;改进措施

中图分类号:S 645.9 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2015)10-0045-06

莼菜(*Brasenia schreberi*)是武陵山区珍稀水生蔬菜,现主要种植在利川市佛宝山、忠路、汪营、凉雾和石柱县黄水和冷水,恩施市太山庙和咸丰县黄金洞、二仙岩等地也有零星栽培,是利川市和石柱县的农业支柱产业。莼菜在武陵山区有近 30 年的栽培历史,具有良好的地方经济效益,但近年来呈现大面积减产的趋势,引起了人们的高度重视。

由于人为破坏自然环境,我国莼菜的自然分布范围、地点及种群数量急速减少,已被列为 I 级国家重点保护濒危野生植物^[1]。目前认为莼菜濒危机制和原因,以及栽培减产主要有以下几方面原因:1)人为干扰其生境,莼菜生境片断化、破碎化,湖泊干涸,特别是栽培群落结构的物种多样性组成简单,抗干扰能力差,在物种竞争中处于劣势^[2-4];2)莼菜不同居群和居群内部遗传多样性低下,对环境变化极为敏感,适应能力弱^[5-7];3)水体污染严重,莼菜易受 As、Hg、Cd 和 Cr 等重金属离子毒害,造成细胞膜系统解体和保护酶系统的破坏,促使植物体破坏死亡^[8-19];4)莼菜解剖和屏障结构发育不完善,粘液毛外无角质层保护,粘液毛担负吸收水分、矿质

和分泌粘液的生理功能,其细胞膜推测不能忍耐高离子强度和有机物的污染水体^[20-22];5)莼菜为小作物,栽培范围狭窄,各地气候环境差异大,栽培管理粗放,缺乏系统研究,尚未形成莼菜完善的栽培模式^[23-28]。

该研究调查莼菜在不同水深和季节条件下生长的形态特点,及在各种不良环境条件下的表现,结合已有文献资料,分析武陵山区莼菜减产原因,指导今后建立莼菜种质资源圃,育苗繁殖基地和标准田间栽培模式提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 调查对象

调查地点为湖北利川市佛宝山、汪营、凉雾、忠路,咸丰县黄金洞和重庆市石柱县黄水和冷水莼菜栽培区。

1.2 调查方法

于 2013 年 3 月至 2014 年 9 月完成,在对莼菜种植户走访的基础上,重点调查不同水深条件下莼菜的形态特点,不同季节莼菜生长的形态特点;施肥不当、除草剂使用不当等不良环境条件下莼菜的表现。采用样地调查方法,选择典型地块,取 1 m×1 m 的样地,取出样地内全部莼菜植株,洗净,分离出单株并拍照记录。

2 结果与分析

2.1 不同水深和季节莼菜的形态特点

不同水位条件对莼菜的形态影响明显,莼菜的叶柄和直立茎节间随生长环境水位越深明显伸长,反之叶柄和节间短,直立茎顶端节密集。莼菜在约 2 m 深水近野生环境中生长,叶柄和直立茎节间明显伸长生长,表面红色或绿色(图 1A、B)。田间多年栽培莼菜水深约 40 cm,

第一作者简介:张霞(1981-),女,湖北天门人,硕士,讲师,现主要从事茶学和湿地植物生态生理学等研究工作。E-mail: zhangyang07@aliyun.com.

责任作者:杨朝东(1971-),男,博士,副教授,现主要从事园林植物育种和湿地生态修复等研究工作。E-mail: chaodongyang@aliyun.com.

基金项目:湖北省教育厅资助项目(Q2014310)。

收稿日期:2015-01-28

群体数量庞大,主茎密集着生根茎和直立茎,叶柄和直立茎节间中等长度,表面具锈斑,主茎上不定根系易腐烂黑化(图 1C、D)。若栽培莼菜水深过浅(约 20 cm),叶柄和直立茎节间短,直立茎顶端节密集(图 1E)。

莼菜在秋冬季完全在水下休眠,处于不活动状态(图 1F)。进入早春,气温升高,莼菜长出新叶,多数叶尚在水面下,仅少数叶浮于水面(图 1G)。初夏进入莼菜采摘期,仍有少数叶在水面下(图 1H),有直立茎自主茎发出,老直立茎顶端具新叶和新分枝,新叶和分枝具浓厚粘液;老根茎和直立茎基部具锈斑(图 1I、J)。入秋后,莼菜叶开始变黄至深黄色衰老脱落(图 1K、L)。

2.2 各种不良环境对莼菜的影响

具有良好流水条件的莼菜田,莼菜水下形态结构清晰可见(图 1H)。如果莼菜田流水不畅,施肥不当,水体容易发黑发臭,叶面灼伤脱落,茎叶腐烂(图 2A、B),或有饼肥颗粒附着粘液上,影响莼菜质量(图 2C)。在这种污水条件下,莼菜根腐烂,水生杂草鸭舌草根具锈斑(图 2D),反之鸭舌草根正常白色(图 2E)。在缺氧的自来水培养条件下,莼菜根腐烂,叶脱落(图 2F),直立茎易从主茎脱落(图 2G)。除草剂常用于杀除莼菜田边杂草,微量除草剂给莼菜造成致命死亡(图 2H),或随雨水进入田间使莼菜几乎灭绝无收成(图 2I)。

3 讨论

3.1 莼菜减产原因分析

3.1.1 莼菜结构缺陷对污染敏感 直立茎是莼菜的主要营养体,其矿质离子吸收可能主要依靠其粘液毛。因莼菜茎木质部溶解为通气组织,残留少量导管;主茎内无导管分化,不定根系的导管与直立茎导管没有直接联系,所以根系吸收的离子很难直接输到直立茎,根系吸收离子仅能供给根茎和主茎营养。莼菜屏障结构发育不完善,粘液毛为表皮细胞突出角质层外的一部分,表面无角质层,粘液毛细胞膜仅受到其分泌的粘液在一定程度上的保护^[20-23]。当水体环境变化,离子和有机物污染物很容易造成粘液毛细胞膜受伤解体,进而影响植物的生长发育^[8-19]。因此,粘液毛吸收水分、矿质和分泌粘液的生理功能要在相对稳定的水体环境下才能正常进行^[20-23]。

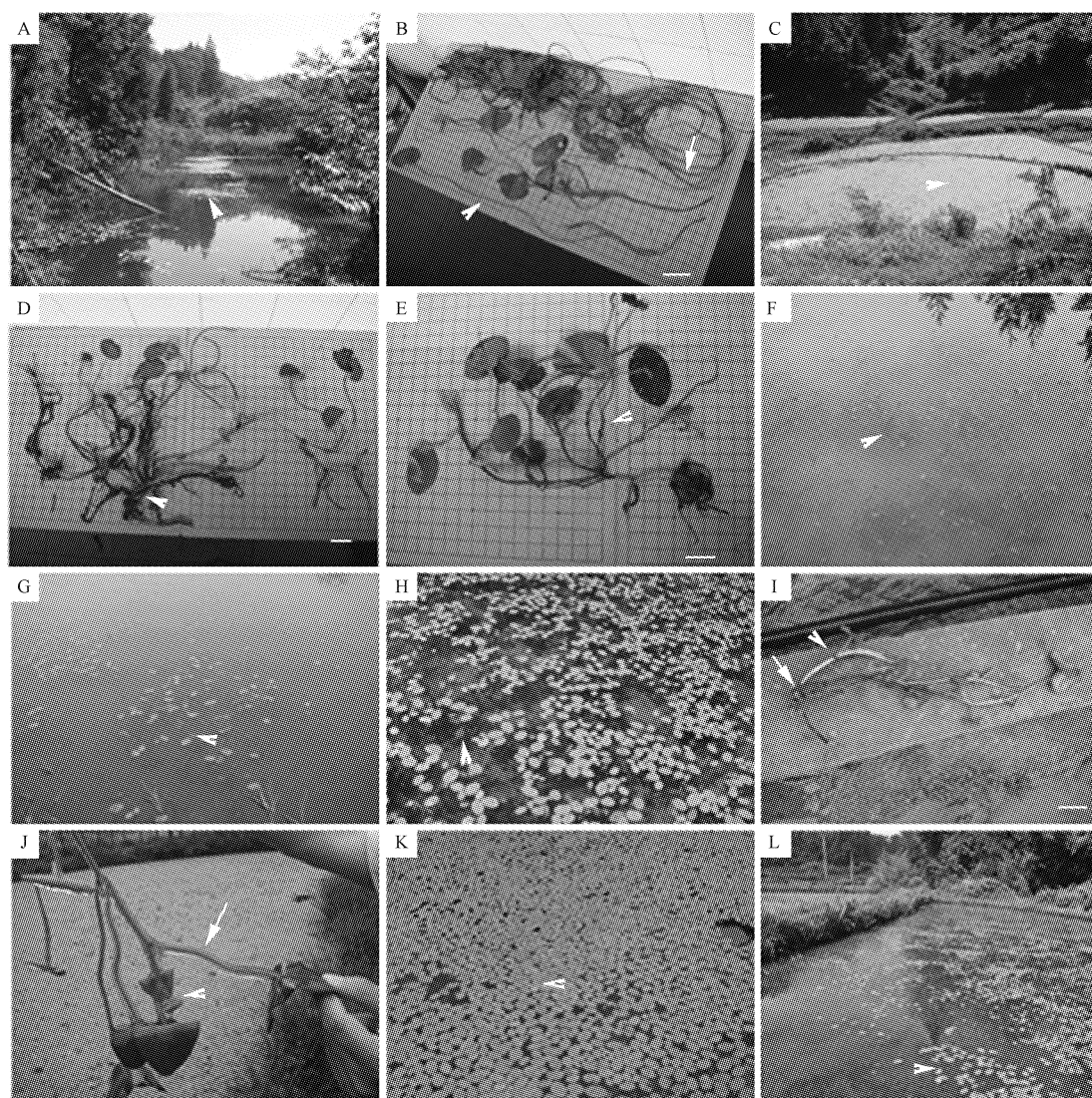
3.1.2 莼菜粘液抵抗能力有限 莼菜粘液毛分泌的粘液主要成分为多糖和蛋白质,还包括植物毒素、槲皮素多糖、黄酮醇糖苷等次生代谢物^[29-41],具有抵抗水体环境中细菌和藻类对莼菜的侵袭,同时也造成莼菜活性成分的流失。如果施肥过多,水体中离子过强,可能毒害莼菜,影响其正常生长发育,会直接影响粘液毛细胞膜的稳定性和其分泌粘液的生理功能,植物体表粘液积累少,也可能造成粘液水解损失,如莼菜醋酸加工处理过

程中确有粘液流失现象(与天佛公司刘长怀私人交流)。

3.1.3 莼菜种苗群体老化 莼菜在武陵山区有近 30 年的栽培发展历史,尽管莼菜粘液毛对水体环境十分敏感,但是其根茎、主茎和直立茎具很强的繁殖能力。在莼菜长期连续栽培的田间,种苗群体过度繁殖,群体密集数量过多,莼菜群体内形成营养竞争^[23]。同时田间物种单一,只是吸收利用部分矿质营养元素,积累部分不被吸收的元素,可能也造成对莼菜生长不利的因素;或者土壤理化性质改变,土壤肥力退化。莼菜长期连续栽培田间也容易滋生杂草和病虫害危害莼菜的健康生长和营养竞争。田间部分种苗老化,生命力不强,一些不能产生经济价值的营养体只消耗土壤营养。该调查中,莼菜老茎生锈斑,烂根、烂茎叶表现出种苗老化。人们常忽略利用直立茎幼茎、根茎幼茎和粘液丰富的叶柄做蔬菜,也是莼菜生产中的经济损失。

3.1.4 莼菜栽培水体环境影响 该调查中,莼菜在周年生长过程中,早春萌发时期,莼菜粘液毛极可能必须从水体中获得氧气,维持其正常生理功能,尽管莼菜有发达的通气组织,但储藏的氧气可能在秋冬季的水下休眠期将耗尽。莼菜栽培水体过深,茎节间和叶柄过度伸长生长,消耗植物体营养,但表面红色或绿色,单位表面积上细胞数目减少,无锈斑出现,说明水体环境相对稳定,营养元素和氧气满足莼菜生长所需,也抑制杂草的生长。莼菜栽培水体过浅,叶柄和直立茎节间短,直立茎顶端节密集,植物体的生长分布空间十分有限,水中营养元素和氧气可能也不足^[24-28,33]。调查发现长期连续莼菜田间常水体流动不畅,氧气不足,加之施肥不当,水体富营养化,常发黑发臭。表现为莼菜叶面灼伤和根、茎叶腐烂,鸭舌草根和莼菜老茎具锈斑,缺氧自来水培养莼菜试验也证实了氧气的重要性。莼菜田间富营养化容易滋生厌氧微生物、藻类和杂草,缺乏好氧微生物分解有机污物,加剧形成对莼菜生长不利的环境。有机污物主要来源死亡杂草、虫体,莼菜自然脱落和机械损伤茎叶。这些有机污物在缺氧水体中,缺乏好氧微生物彻底分解而发黑发臭,也吸附离子,即使彻底分解也要消耗大量氧气,加剧水体生态缺氧^[42-43]。已有研究强调,栽培莼菜需要良好的土壤及水质条件,以少量多次施用尿素促进莼菜提高产量,不会造成叶面灼伤,但尿素施后莼菜的胶质含量略微下降,说明可能离子促使粘液水解^[26-27]。根据文献推测莼菜锈斑为铁离子积累,在无氧涝渍条件下由铁还原性细菌氧化铁单质而来;或者 Fe^{2+} 促进酚氧化酶活性分解有机物时形成并累积^[44-45]。

3.1.5 莼菜田间杂草和病虫害危害 莼菜长期连续栽培田间,水体富营养化,导致水生杂草疯长,与莼菜竞争矿质营养和光合面积,冬季死后污染水体。莼菜田间主要杂草为金鱼藻、竹叶眼子菜、鸭舌草、慈姑、看麦娘、玉



注:标尺=5 cm,A.深水2 m生长的近野生茭菜(箭头);B.近野生茭菜叶柄(箭头)和直立茎节间(箭)伸长生长;C.水深40 cm茭菜(箭头);D.茭菜的叶柄和直立茎节间中等长度,主茎密集着生不定根(箭头);E.水深20 cm茭菜的叶柄和直立茎节间短,直立茎顶端节密集(箭头);F.秋冬季茭菜休眠于水下(箭头);G.早春茭菜多数叶在水面下(箭头);H.初夏茭菜少数叶在水面下(箭头);I.初夏茭菜发出直立茎(箭头),老直立茎基部出现锈斑(箭);J.夏季采摘茭菜幼叶(箭头),成年叶柄具浓厚粘液(箭);K.入秋茭菜叶片开始变黄(箭头);L.深秋茭菜叶片黄色(箭头)。

图1 茭菜在不同水深和季节条件下的形态特点

Fig. 1 Morphological characters of water shield growth under different water depth and season

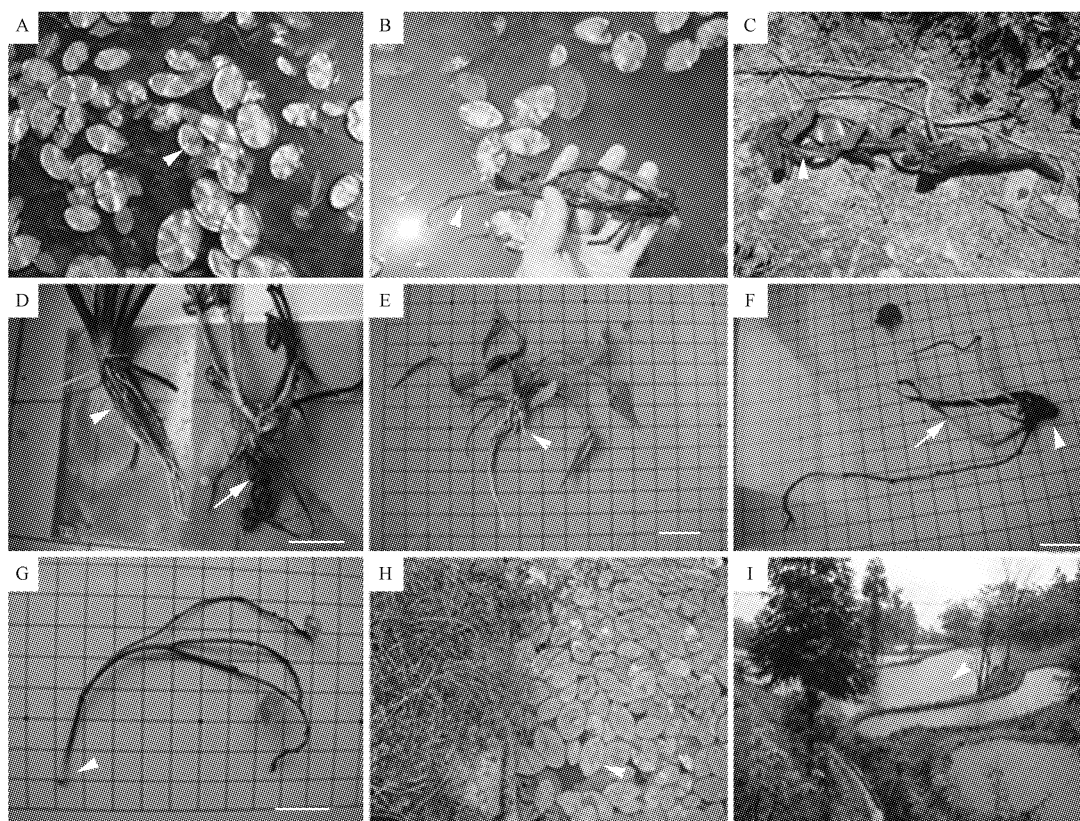
簪、双穗雀稗、水芹、狸藻、牛鞭草和萱草等^[2-3]。茭菜的主要病害有枯萎病和叶腐病,虫害为菱小萤叶甲、菱角萤叶甲、荷缢管蚜、茭菜卷叶螟和长腿水叶甲,以及椎实螺、大脐圆扁螺和蜗牛,它们主要危害水面的叶片和嫩梢^[46-50]。水稻食根金花虫主要危害地下根茎和主茎^[46-47]。茭菜叶面丰富的粘液可减轻食叶虫的危害^[51]。

3.1.6 茭菜田周边生态环境破坏 茭菜为小作物,栽培范围狭窄,经验不足,常人为破坏茭菜田周边生态环境,失去抵御杂草和病虫害侵袭的生态安全屏障^[2-4]。盲目使用除草剂杀除茭菜田边杂草,微量除草剂使茭菜叶片死亡,或随雨水渗透田间使茭菜几乎灭绝,造成重大经济损失。

3.1.7 茭菜田管理粗放 茭菜栽培历史短,缺乏系统研究,管理粗放,尚未形成茭菜完善的栽培模式^[23-28]。常将茭菜种苗随机撒入田间,将病虫害和杂草带入新茭菜田,没有科学的繁殖和管理方法^[23]。

3.2 茭菜栽培改进措施

基于对武陵山区茭菜减产原因的调查分析,茭菜存在结构缺陷,克服现有种植栽培中不合理因素,生态环境要求苛刻,提出以下茭菜栽培改进措施。施肥过多和除草剂或其它因素引起的水体污染严重威胁茭菜的生存,甚至毁灭,因此水体环境要求是茭菜生产首要问题。茭菜田严格选址,符合生态环境安全要求,农田周围至少不能出现除草剂。老茭菜田周围需要物种多样性的



注:标尺=5 cm。A. 施肥不当使水体发黑,叶面灼伤(箭头);B. 施肥不当使叶灼伤脱落(箭头);C. 茎叶附着饼肥颗粒(箭头);D. 静水田菰菜根腐烂(箭),同时鸭舌草根具锈斑(箭头);E. 流水田鸭舌草根正常白色(箭头);F. 自来水培养条件下菰菜根腐烂(箭头),叶脱落(箭);G. 自来水培养条件下菰菜直立茎脱落(箭头);H. 百草枯使菰菜田边杂草死亡,菰菜叶受伤死亡(箭头);I. 除草剂渗入田间使菰菜几乎灭绝(箭头)。

图2 各种不良环境对菰菜形态的影响

Fig. 2 Morphological characters of water shield under different unfavourable environment

生态恢复。引进国外菰菜种质资源,提高遗传和地方分布多样性,建立全球种质资源库,并深水保存,建立菰菜育苗繁殖基地和育苗复壮技术,提高菰菜自身抵御风险能力。控制菰菜田间群体合理数量,缩短育苗周期,加强水肥管理。菰菜与旱作轮作或者休耕改善土壤理化性质,改善老菰菜田土壤环境,干旱和冷冻去除水生杂草和病虫害的危害。保持流水通畅,水质要求富含自然山体渗出的离子,促进水体微生物活动,建立符合菰菜生长需要的水体条件。合理施肥,施肥是以前的1/5~1/4浓度。种苗洗净,防止将病虫害和杂草带入新菰菜田。目前最要紧是弄清菰菜吸收哪些元素,保持菰菜栽培水体具备合理的离子水平试验。

此外,通过上述途径不能解决菰菜水体污染问题,也可以考虑食草、食虫和食螺鱼类帮助清除田间杂草和其它有害生物危害菰菜,减轻有机物分解造成的水体富营养化和生态缺氧。多年生以营养体繁殖的作物,如马铃薯、山药、红薯、草莓等常因感染病毒使品种退化,菰菜是否也存在类似问题,尚待以后研究。

(感谢利川市委、市政府和农业局,利川天佛公司的大力支持和协助。)

参考文献

- [1] 国家重点保护野生植物名录(第1批). 国家林业局和农业部[EB/OL]. <http://www.plant.csdb.cn/protectlist>, 1999.
- [2] 董元火,雷刚,刘红艳. 利川绝迹菰菜种群原因分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(11): 6047-6048.
- [3] 董元火,曾长立. 利川不同类型的菰菜种群结构特征[J]. 安徽农业科学, 2010, 8(16): 8368-8369.
- [4] 高邦权,张光富,陈会艳. 不同生境下菰菜群落的物种多样性[J]. 应用生态学报, 2007, 18(2): 283-287.
- [5] 张光富,高邦权. 江浙菰菜遗传多样性和遗传结构的ISSR分析[J]. 湖泊科学, 2008, 20(5): 662-668.
- [6] 刘朝贵,李小孟,须建,等. 三大产区菰菜遗传多样性及亲缘关系的RAPD分析[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2012, 34(10): 54-59.
- [7] Kim C, Na H R, Choi H K. Conservation genetics of endangered *Brasenia schreberi* based on RAPD and AFLP markers[J]. Journal of Plant Biology, 2008, 51(4): 260-268.
- [8] 陈国祥,施国新,何兵,等. Hg, Cd对菰菜越冬芽光合膜光化学活性及多肽组分的影响[J]. 环境科学学报, 1999, 19(5): 521-525.
- [9] 丁小余,施国新,常福辰,等. Cd²⁺污染对菰菜叶片形态学伤害反应的研究[J]. 西北植物学报, 1998, 18(3): 417-422.
- [10] 李大辉,施国新,常福辰,等. Hg²⁺对菰菜冬芽叶结构和淀粉粒含量的影响[J]. 南京师范大学学报(自然科学版), 1998, 21(3): 62-66.
- [11] 陆长梅,施国新,吴国荣,等. Hg, Cd对菰菜冬芽茎、叶叶绿素含量及

活性氧清除系统的影响[J]. 湖泊科学, 1999, 11(4): 322-327.

[12] 施国新, 杜开和, 解凯彬, 等. Hg^{2+} 污染对莼菜冬芽幼叶细胞超微结构伤害的研究[J]. 云南植物研究, 2000, 22(4): 456-460.

[13] 宋东杰, 施国新, 杨顶田. As^{3+} 对莼菜冬芽的毒害[J]. 南京师范大学学报(自然科学版), 2000, 23(1): 72-76.

[14] 徐国华, 刘丽, 施国新. Cr^{6+} 对莼菜冬芽叶片过氧化物酶的影响[J]. 吉首大学学报(自然科学版), 2000, 21(3): 63-66.

[15] 徐国华, 施国新, 刘丽, 等. Cr^{6+} 对莼菜冬芽叶片急性毒害与保护酶系活性变化关系的研究[J]. 西北植物学报, 2000, 20(6): 1034-1040.

[16] 徐国华, 施国新, 刘丽, 等. Cr^{6+} 对莼菜叶的急性毒害[J]. 南京师范大学学报(自然科学版), 2000, 23(1): 67-71.

[17] 杨顶田, 施国新, 陈伟民. Cr^{6+} 污染对水鳖的超微结构及菱、莼菜、黑藻细胞膜的影响[J]. 武汉植物学研究, 2001, 19(6): 483-488.

[18] 杨顶田, 施国新, 宋东杰, 等. 莼菜(*Brasenia schreberi*)冬芽对 Cr^{6+} 污染的抗性反应[J]. 湖泊科学, 2001, 13(2): 169-173.

[19] 杨顶田, 施国新, 解凯彬, 等. Cr^{6+} 污染对莼菜冬芽的超微结构的影响[J]. 南京师范大学学报(自然科学版), 2000, 23(3): 91-95.

[20] 吕家龙, 祝全明, 李敏. 莼菜腺细胞的观察及其泌胶机理的探讨[J]. 浙江农业大学学报, 1995, 21(3): 314-318.

[21] 施国新, 徐祥生, 王文, 等. 莼菜腺毛的发育及其超微结构研究[J]. 西北植物学报, 1991, 11(1): 29-35.

[22] 王文. 莼菜(*Brasenia schreberi*)表皮腺毛细胞高尔基体中一种内含物的初步研究[J]. 实验生物学报, 1989, 22(1): 129-133.

[23] 张霞, 姚兰, 艾训儒, 等. 湖北利川莼菜营养生长繁殖的形态特征调查[J]. 长江蔬菜, 2014(12): 43-46.

[24] 李郁香, 叶再青. 莼菜的离体休眠芽繁殖试验[J]. 中国蔬菜, 1990(4): 28-30.

[25] 李郁香, 叶再青. 莼菜休眠芽繁殖栽培技术研究[J]. 上海蔬菜, 1989(1): 27-27.

[26] 陈月兰, 孙家华. 莼菜高产优质栽培技术探讨[J]. 浙江农业科学, 1991(3): 145-148.

[27] 王昌全, 李焕秀, 彭国华, 等. 土壤及水质条件与莼菜生长的关系[J]. 四川农业大学学报, 2000, 18(3): 265-268.

[28] 顾煜, 邱富根. 塘田莼菜生长发育特性[J]. 上海农业科技, 1991(1): 20-21.

[29] 吕家龙, 祝全明, 李敏. 莼菜腺细胞的观察及其泌胶机理的探讨[J]. 浙江农业大学学报, 1995, 21(3): 314-318.

[30] 施国新, 徐祥生, 王文, 等. 莼菜腺毛的发育及其超微结构研究[J]. 西北植物学报, 1991, 11(1): 29-35.

[31] 王淑如, 夏尔宁, 周岚. 莼菜多糖的提取、分离及某些生物活性的研究[J]. 中国药科大学学报, 1987, 18(3): 187-189.

[32] 陈晖凯. 莼菜对於肠胃道致病细菌之抑菌效果研究[R]//台北市立松山高级农工职业学校. 台北市第三十七届中小科学展, 2005: 1-6.

[33] 陈晖凯. 台湾稀有水生植物莼菜周年生长调查及成分分析研究[R]//台北市立松山高级农工职业学校. 中华民国第四十六届中小科学展览会, 2006: 1-26.

[34] Elakovich S D, Wooten J W. An examination of the phytotoxicity of the water shield, *Brasenia schreberi* [J]. Journal of Chemical Ecology, 1987, 13

(9): 1935-1940.

[35] Lee M K, Park H J, Kwon S H, et al. Tellimioside, a Flavonol Glycoside from *Brasenia schreberi*, inhibits the growth of cyanobacterium (*Microcystis aeruginosa* LB 2385) [J]. J Korean Soc Appl Biol Chem, 2013, 56: 117-121.

[36] Legault J, Perron T, Mshvildadze V, et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of quercetin 7-O- β -D-Glucopyranoside from the leaves of *Brasenia schreberi* [J]. J Medi Food, 2011, 4: 1127-1134.

[37] Duchnowicz P, Broncel M, Podsedek A, et al. Hypolipidemic and antioxidant effects of hydroxycinnamic acids, quercetin, and cyanidin 3-glucoside in hypercholesterolemic erythrocytes (*in vitro* study) [J]. Eur J Nutr, 2012, 51: 435-443.

[38] Ghosh T, Chattopadhyay K, Marschall M, et al. Focus on antivirally active sulfated polysaccharides: From structure-activity analysis to clinical evaluation [J]. Glycobiology, 2009, 19: 2-15.

[39] Misaki A, Smith F. Structure of the polysaccharide of the Japanese water plant, *Brasenia schreberi* [J]. Agric food Chem, 1962, 10: 104-108.

[40] Tzianabos A O. Polysaccharide Immunomodulators as Therapeutic agents: structural aspects and biologic function [J]. Clinical Microbiology Reviews, 2000, 13: 523-533.

[41] Kakuta M, Misski A. The polysaccharide of *Juncus* (*Brasenia schreberi* J. F. Gmel) mucilage; fragmentation analysis by successive Smith degradations and partial acid hydrolysis [J]. Agric Biol Chem, 1979, 43(6): 1269-1276.

[42] 马晓磊, 徐继荣, 殷建平, 等. 海南红树林湿地沉积物耗氧及其相关因素[J]. 海洋与湖沼, 2010, 41(6): 941-945.

[43] van Bodegom P M, Sorrell B K, Oosthoek A, et al. Separating the effects of partial submergence and soil oxygen demand on plant physiology [J]. Ecology, 2008, 89(1): 193-204.

[44] Jorgenson K D, Lee P F, Kanavillil K. Ecological relationships of wild rice, *Zizania* spp. 11. Electron microscopy study of iron plaques on the roots of northern wild rice (*Zizania palustris*) [J]. Botany, 2013, 91(3): 189-201.

[45] van Bodegom P M, Broekman R, van Dijk J, et al. Ferrous iron stimulates phenol oxidase activity and organic matter decomposition in waterlogged wetlands [J]. Biogeochemistry, 2005, 76: 69-83.

[46] 姚晗璐, 刘欣, 章强华, 等. 出口莼菜如何防范农药残留超标[J]. 中国蔬菜, 2011(11): 25-27.

[47] 矫振彪, 焦忠久, 吴金平, 等. 高山莼菜长腿水叶甲的为害与防治[J]. 长江蔬菜, 2014(7): 49-50.

[48] 赵瑶, 王文泽, 彭伟, 等. 莼菜叶斑病的防治药剂研究[J]. 农学学报, 2014, 4(6): 17-19.

[49] 陆自强, 朱建, 祝树德, 等. 菱角、莼菜害虫-菱角萤叶甲的研究[J]. 中国农业科学, 1984(5): 73-76.

[50] 林美新, 高建荣. 为害莼菜的菱小萤叶甲研究[J]. 上海农学院学报, 1991, 9(2): 100-107.

[51] Thompson K A, Sora D M, Cross K S, et al. Mucilage reduces leaf herbivory in water shield, *Brasenia schreberi* J. F. Gmel. (Cabombaceae) [J]. Botany, 2014, 92(5): 412-416.

Investigation on the Reasons of Water Shield Reduced Production and Discussion Improving Methods in Wuling Mountain Area

ZHANG Xia¹, LIU Zhi-xiong¹, YUAN Long-yi¹, DENG Chu-hong², TAN Wen-sheng², YANG Chao-dong¹

(1. The College of Gardening and Horticulture, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434025; 2. Lichuan Country Agriculture Bureau, Lichuan, Hubei 445400)

DOI:10.11937/bfyy.201510011

三个草莓品种光合特性的研究

杨 文, 于泽源, 李兴国

(东北农业大学 园艺学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要:以‘四季’、‘甜查理’、‘红颜’3个草莓品种幼苗为试材,对其光合特性进行了研究,旨在了解其光合生理特性,为提高其产量、改善品质提供依据。结果表明:3个草莓品种单叶净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)日变化曲线均呈双峰型,且同步增减,有明显的光合“午休”现象,品种间光合“午休”出现时间、最大净光合速率和蒸腾速率均有明显差异,‘四季’净光合速率2个峰值均高于其它2个品种,‘红颜’光合“午休”持续时间最短、整体蒸腾速率较低;胞间CO₂浓度(Ci)日变化规律与Pn负相关,表明气孔因素不是草莓光合“午休”的主要限制因子;不同品种、不同种类光合色素含量差异显著,光合色素含量与净光合速率有关,但不呈一定的比例关系。

关键词:草莓;光合特性;光合色素

中图分类号:S 668.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2015)10-0050-04

光合产物构成果树90%~95%的干物质,是果树产量形成的基础,因此对果树光合特性的探讨有重大意义^[1]。国内外众多学者对苹果、李、梨等^[2-4]果树的光合特性作了较为详尽的研究,但对于草莓的研究还很有限,主要集中在栽培技术、生长发育、矿质营养和品种特性等^[5-7]方面,对其光合特性的研究鲜见报道。该研究

以‘四季’、‘红颜’、‘甜查理’3个草莓品种幼苗为试材,测定不同品种单叶片的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率等光合参数以及各光合色素含量,旨在了解它们的光合生理特性,丰富生理生态方面的内容,为进一步引种、合理制定栽培管理措施、提高光合效率,进而为提高产量、改善品质提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为‘四季’、‘红颜’和‘甜查理’草莓品种。

1.2 试验方法

试验在东北农业大学园艺站进行,2014年5月15日定植,每个品种30株,株距30 cm,行距40 cm,常规田间管理,30 d后,定植幼苗经过缓苗期,生长健壮。每个

第一作者简介:杨文(1989-),女,硕士,研究方向为果树生理生态。E-mail:yangwency77@163.com.

责任作者:于泽源(1961-),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为果树生理生态。E-mail:zyz@neau.edu.cn.

基金项目:黑龙江省研究生创新科研资金资助项目(YJSCX2012-038HLJ)。

收稿日期:2015-01-23

Abstract: The present work focus on the reasons of water shield (*Brasenia schreberi*) reduced production and improving methods based on field investigation and formerly literatures in Wuling mountain area. The mainly reasons are deterioration ecological environment around the water shield field, simple composed of species, and weakly resisted disturbance. Lower genetic diversity of water shield can't withstand of diseases and insect pests attack. Slime hairs haven't cuticle protection and the membrane can't tolerant ions stress in water. Water shield is a minor crop but still didn't found high-yield cultivation model. It's suggested that emphasize the ecological environment protection about the fields of water shield. Establish global germplasm resources and breeding base of water shield, and study rejuvenating techniques. Create properly cultivation model according to rational number of population, and water and fertilizer management measures, and water shield-dry crops rotation system or fallow.

Keywords: *Brasenia schreberi*; reduced production; ecological environment; genetic diversity; cultivation model; improving methods